

교통소음 저감을 위한 콘크리트 포장의 표면처리공법

- Texturing of Cement Concrete Pavements to Reduce Traffic Noise -



하상욱*
Ha, Sang Wook



문한영**
Moon, Han Young

이 기사는 Sandberg와 Ejsmont교수가 콘크리트 포장 표면조직과 교통소음과의 관계에 대한 이해를 돕고자 Noise Control Engineering 저널(Vol. 46, No. 6, 1998)에 게재한 기사를 중심으로 요약, 정리한 것이다.

1. 서 론

현재 시멘트 콘크리트 포장(미국에서는 대부분 PCC(Portland Cement Concrete) 포장이라 칭함)은 교통량이 많은 일반도로 및 고속도로 등에 널리 적용되고 있는 추세이다. 그러나 고속주행 및 대용량의 교통이 발생될 시 콘크리트 포장은 발생하는 교통소음으로 인하여 도로에 인접한 주민들에게 심각한 소음 피해를 주고 있는 실정이다. 아울러 우천 시에도 어느 정도의 고속주행을 위해서는 주행안전성 확보차원에서 타이어/노면 사이의 충분한 배수가 이루어져야 하므로 이런 연유로 도로포장에 적절한 표면조직(surface texture)을 부여하여야 한다. PCC 포장(이후 콘크리트 포장)은 시공 중 또는 시공 후에 특별한 표면처리가 요구되며 만약 이러한 표면처리가 잘못되었을 경우 많은 소음을 발생시킬 수 있다.

유럽의 경우, 일반적으로 소음이 민감한

지역에서의 도로포장시공은 소음저감을 위해 표면처리를 하고 있으며 한편, 미국의 경우는 최근 콘크리트 포장의 교통소음이 사회문제로 직면하여 어떤 지역에서는 소음 문제로 인하여 포장 표면을 다시 처리해야 하는 경우도 발생되고 있다¹⁾. 심지어 콘크리트 포장 표면에 특별한 표면처리를 하지 않은 경우, 종종 표면이 매끄러워지게 되고 이로 인하여 소음발생도 더욱 높아지는 것으로 나타났다.

본 기사에서는 기존 및 신설 포장에 있어서 소음저감에 적합한 표면조직으로 추천되고 있는 제반 공법에 대하여 소개하고자 한다.

2. 표면조직과 소음발생과의 관계

교통소음의 발생원인을 파악하기 위해서는 타이어/노면 소음이 어떻게 발생하는지에 대한 이해가 필요하다. 이 소음발생 메커니즘은 1970년대 중반 이후 전해졌으며 이 소음발생의 주원인은 <그림 1>과 같이 매우 복잡한 형태로 이루어져 있다.

한편 타이어/노면 소음에 영향을 미치는

표면조직을 다음과 같이 요약할 수 있다.²⁾

- 낮은 주파수대역에서 발생하는 음압값(sound pressure level)은 표면조직의 파장범위(wavelength range)가 10 ~ 500 mm인 경우 표면조직의 간격에 따라 증가한다.
- 높은 주파수대역에서 발생하는 음압값은 표면조직의 파장범위가 0.5 ~ 10 mm인 경우 표면조직의 간격에 따라 감소한다.

결과적으로 포장 표면조직은 자동차 외부에서 발생하는 소음에 대해 상반된 결과를 나타내며 소음발생은 포장표면이 어떤 조직으로 구성되어 있는지에 달려있다. 일반 자동차 타이어의 교차 주파수는 거의 1,000 Hz이고 트럭 타이어의 경우는 500 Hz이다. 이는 도로 표면조직의 파장과 타이어의 형상 즉 타이어의 무늬(tread)형태와의 상호작용에 의한 것으로 보이며 트럭 타이어의 무늬는 일반 자동차에 비해서 두 배의 크기 이므로 주파수영역이 다르게 나타나는 것이다.

이러한 사실들은 주파수대역별 소음값이 아닌 전체 소음 결과 값과 도로 표면조직사이의 상호관계는 간단하고 일반적이지 않음을 함축하고 있다. 오히려 전체 소음

* 정회원, (주)한국지오텍 팀장, 공학박사
** 정회원, 한양대학교 공과대학 교수

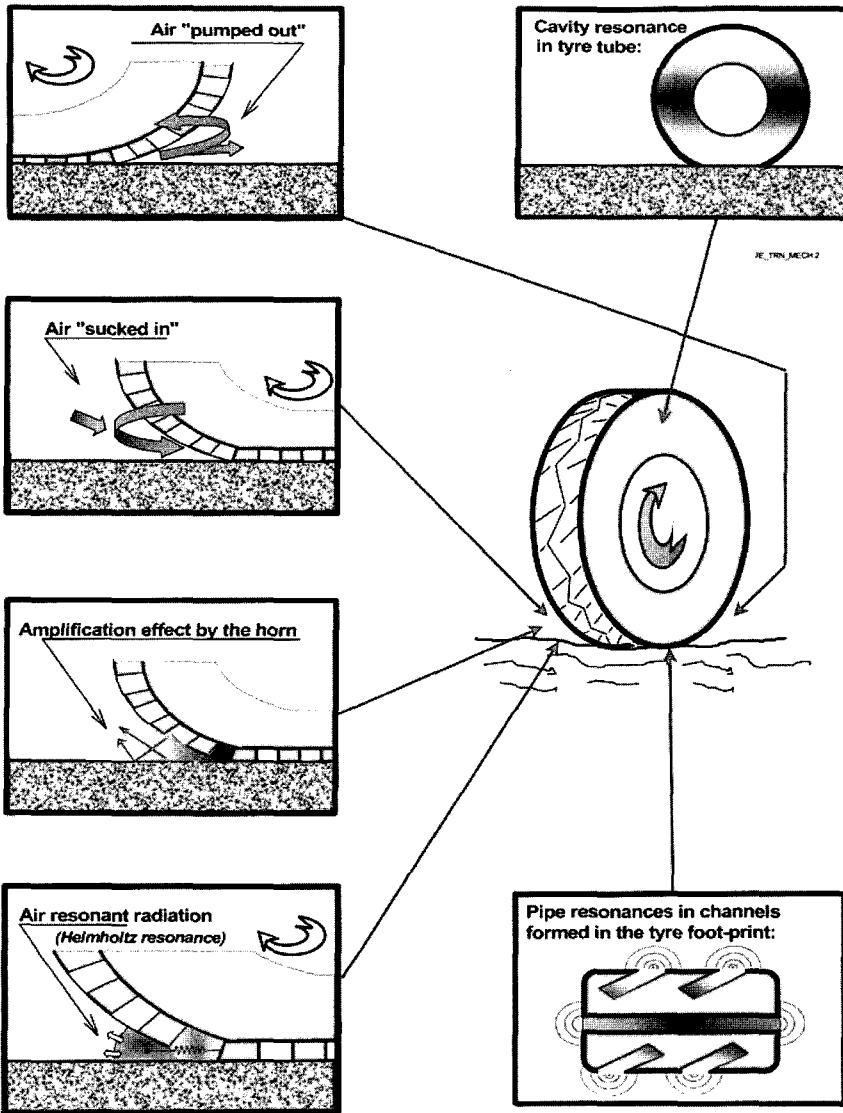


그림 1. 타이어/노면 소음의 발생형태

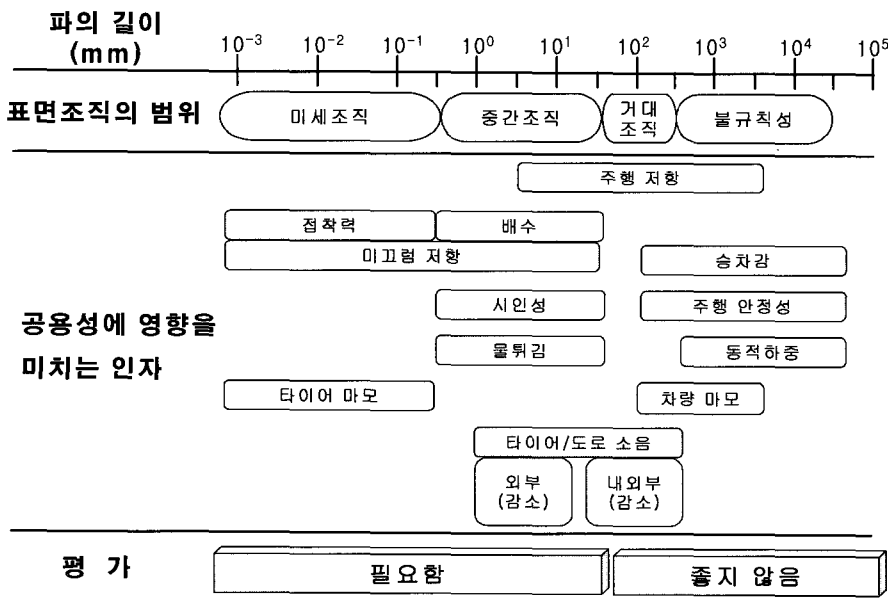


그림 2. 도로 표면조직의 종류 및 역할

은 각각에 있어서 이 두 작용으로 인한 소음의 합으로 구성되며 이 사실은 일반 자동차에서 발생하는 소음형태가 트럭에서는 다소 다르다는 것을 나타내고 있다.

노면의 강성 또는 임피던스가 소음발생에 미치는 영향에 대해서는 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았지만 연성포장 보다는 강성포장의 표면에서 더 많은 소음이 발생되고 있으며 이는 왜 아스팔트 포장과 비슷한 표면조직을 가진 콘크리트 포장이 아스팔트 포장에 비해 더 많은 소음을 발생시키는가에 대한 답으로 설명될 수 있다.

3. 콘크리트 포장의 소음분석

도로의 표면조직은 <그림 2>에서와 같이 구분되며 이러한 조직은 공용성 이외에 소음발생에 있어서도 영향을 미치며 소음과 관련하여 다음과 같은 기술적인 특징을 들 수 있다.

- 현재까지 대부분의 콘크리트 포장은 아스팔트 포장보다 표면을 거칠게 처리함으로써 필요 이상의 거대조직 (megatexture)의 형성이 많아 저주파수대역의 소음발생이 높다.
- 콘크리트의 균열 방지를 위한 팽창 조인트는 자동차 주행 시 타이어 진행방향과 수직으로 접함으로써 진동과 소음을 발생시킨다.
- 콘크리트 제조 시 혼합되는 특수한 모래 및 자갈로 인하여 콘크리트 포장표면이 종종 아스팔트 포장에 비해서 더욱 미끄러운 경우가 있으며 만약 특별한 처리가 행해지지 않으면 이것은 고주파수대역의 소음발생을 증가시킨다.
- 반면에 미끄러운 표면에 특별한 처리를 행함에 있어서 지나치게 많은 중간조직 (macrotexture) 및 거대조직 (megatexture)을 생성시킬 수 있다. 표면조직의 형상은 타이어에 의해 민감하게 반응되며 특히 자동차 주행방향에 대해 횡방향의 그루빙이나 타이

닝 또는 브러싱된 표면의 경우가 그러하다.

- 만약 횡방향 그루빙 또는 타이닝이 단순히 일정한 간격으로 적용된 경우 타이어/노면 소음은 하나 또는 몇 개의 주파수대역에 대해 집중적으로 발생되며 주기성을 보인다.

사실 최근의 연구결과에 의하면 콘크리트 포장에서 상기의 원인으로 발생하는 소음은 제거 가능한 것으로 나타나 있다. 그러나 중요한 것은 상기 원인 이외에도 예기치 않은 이유로 발생하는 소음이 있다는 것이다.

- 강성: 도로포장 재질의 특성이 소음 발생에 영향을 미칠 수 있다. 즉 콘크리트는 강성이므로 이에 따라 소음발생에도 영향을 미친다는 것이다³⁾. 만약 이것이 실제로 영향을 미치는 요인이라면 이로 인하여 발생하는 소음은 약 1~2dB이다.
- 색상: 포장표면이 짙은 색을 나타내면 이는 태양 복사에너지를 잘 흡수하여 밝은 표면보다 표면의 온도가 높아진다. 일반적으로 타이어/노면 소음은 포장표면의 온도에 의해서도 영향을 받으며 1°C당 약 0.1dB의 소음이 저감된다. 이러한 반응에 대한 명쾌한 해석은 현재까지 밝혀진 것이 없으나 검은색의 아스팔트 표면은 밝은 색의 콘크리트 표면보다 약 10°C 이상 높게 나타나며 이러한 온도상승이 소음저감측면에서 약 1dB 정도의 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

4. 교통소음에 대한 주관적인 반응

일반적으로 규칙성 또는 반복성이 있는 소음발생은 그렇지 않은 경우보다 주관적으로 느끼는 소음발생은 더 크다고 할 수 있다. 혹자는 규칙성 있는 소음에 대한 환경적인 영향성을 평가할 때 불규칙적인 소음의 경우보다 5dB 정도의 페널티를 규정

한다. 그러므로 콘크리트 포장표면에 규칙적인 간격으로 그루빙이나 타이닝을 처리했을 경우 앞에서 언급한 바와 같이 반복 소음을 발생시키기 때문에 이런 포장의 경우는 측정된 소음값이 동일하더라도 실제로 사람이 느끼는 불편감은 타 포장에 비해 심하다는 것이다.

5. 1970년대 이후 연구이력

콘크리트 표면에서 발생하는 소음문제는 예나 지금이나 크게 달라진 것은 없으며 Maynard 와 Lane 은 이미 25년 이전에 교통소음과 관련하여 횡방향의 그루빙을 실시 할 때 그루빙 시공시간에 상관없이 불규칙적인 간격으로 시공하여야 한다고 주장했다⁴⁾. 또한 6mm의 폭으로 그루빙을 하되 그루빙 간격을 20mm에서 60mm로 다양하게 시공할 것을 추천하였다.

아울러 위와 유사한 연구는 1975년 미국 FHWA의 보고서에도 나타나있다⁵⁾. 같은 해 캔터기에서의 연구결과에서는 그루빙한 콘크리트 포장이 표면처리 하지 않은 콘크리트 포장을 포함한 일반 포장에 비해 4dB 정도 소음이 크게 나타났으며 아스팔트 포장보다는 7dB 더 높게 나타났다⁶⁾. 1970년대 말의 미네소타에서는 타이닝 처리한 콘크리트 포장에 대해 소음을 평가한 결과 규칙적인 간격의 타이닝은 소음측면에 있어서 향후 고려대상이 아니라고 한다⁷⁾. Osman과 May는 이러한 포장이 일반적인 콘크리트에 비해 10dB 정도 소음발생이 높은 것으로 나타났다⁸⁾. 이러한 시험 결과를 토대로 미국의 초기버전의 교통소음 예측 프로그램에서는 그루빙과 타이닝 처리를 한 콘크리트 포장에 대해 5 또는 10dB의 페널티를 적용하였다.⁹⁾

유럽에서는 1970년대 후반 많은 연구자들에 의해 규칙적인 그루빙의 소음 문제에 대해 다뤄졌다^{10~12)}. 이러한 제반연구 결과로 유럽에서는 그루빙과 타이닝 방법이 1980년대에는 적용되지 않았고 극히 일부에 불규칙적인 간격으로 그루빙을 콘크리트 포장 표면처리방법으로 시공한 적

은 있다. 하지만 이 경우도 도로주변에 거주하는 주민이 없는 곳에 사용되었다. 이러한 접근은 (그림 3)에서와 같이 타이어/노면 소음발생을 경고하는 표지판(독일, Hamburg-Hanover)에서 엿볼 수 있으며 이는 자동차 운전자들에게 소음에 대한 경각심을 주기 위해서 이다.



그림 3. 소음관련 도로표지판

6. 최근 콘크리트 포장의 사용

시멘트 콘크리트 포장은 독일, 영국, 벨기에, 스페인 및 오스트레일리아 그리고 미국 등 여러 나라에서 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 북유럽 국가(스웨덴, 덴마크, 노르웨이, 핀란드 및 아일랜드)에서는 빈번히 사용되지 않고 있으며 일본이나 뉴질랜드에서도 마찬가지다. 한편 소음에 관해서는 비록 많지는 않으나 새로운 공사에 콘크리트 포장의 표면처리 기술을 적용함으로써 소음문제를 처리하고자 하였다. 이러한 접근으로 최근 미국의 도로포장에 그루빙 또는 타이닝이 적용되게 된 것이다. TRB(Transportation Research Board) 내 소음관련 교통위원회의 논의에서도 도로주변에 사는 사람들 사이에서 큰 호응을 얻고 있는 상기의 표면처리 공법이 큰 관심거리가 되었다. 최근의 활동에 대한 좋은 예는 Billera, Schmidt 및 Miller의 논문에서 알 수 있으며 이 논문에는 현대적인 측정방법을 통하여 그루빙

한 포장면의 반복 소음에 대해 분석하고 있다¹³⁾. 또 다른 예는 Ardani에 의한 것으로서 다양한 콘크리트 포장 표면에 대해 실험결과를 다루고 있다.¹⁴⁾

7. 콘크리트 포장에서 소음 저감을 위한 기술

7.1 일반

콘크리트 포장면을 처리하고자 할 때 여러 가지 요인에 의하여 발생될 수 있는 소음의 영향을 고려하는 것은 매우 중요하다. 소음을 실용적으로 제거할 수 있는 방법으로써 일반적으로 알고 있는 자동차 소음 저감방법에 대해 요약하였다. 더 많은 방법들은 콘크리트 포장 7차 국제 심포지엄(7th International Symposium on Concrete Roads, Vienna 3~5 October 1994, Session 7~8)의 논문집에서 찾을 수 있다.¹⁵⁾

7.2 그루빙 또는 타이닝 공법의 간격 및 치수

만약 횡방향 그루빙이나 타이닝이 필요하다고 판단된다면 무작위로 간격을 조정하는 것(randomization)이 소음을 줄일 수 있는 가장 간단한 방법이다. 즉 그루빙과 타이닝의 상호 간격을 일정하지 않게 시공하는 것이며 아울러 최대와 최소 간격 사이에서 적어도 3가지 이상의 변화를 줘 다양한 간격으로 시공한다는 것이다. 이 방법은 포장으로 발생하는 모든 소음의 발생을 감소시켜 줄 뿐만 아니라 주관적인 소음을 덜 느끼게 하는 주파수로 에너지를 발산시키는 것이다.

만약 도로를 주행하는 운전자가 예민하여 승차감이 좋지 못하거나 심지어 도로변에 주민이 살지 않더라도 항상 무작위로 표면처리가 채택되어야 할 필요성이 있다. 왜냐하면 일정한 간격으로 그루빙 또는 타이닝 처리가 되어 있을 경우, 주행하는 운전자로 하여금 반복적인 소음(tonal noise)을 자동차에 이상이 있는 것으로 오

해할 수 있기 때문이다. 또한 그루빙이나 타이닝 깊이는 가능한 좁은 것이 유리하며 소음과 함께 배수가 주요한 고려사항이라면 이 경우 넓게 시공하는 것 보다는 깊게 시공하는 것이 효과적이다. 또 하나의 방법은 그루빙 및 타이닝을 좁게 시공하는 반면 상대적으로 간격을 짧게 배치한다는 것이다.

7.3 표면조직의 방향성

만약 소음저감차원에서 그루빙이나 타이닝 공법을 적용한다면 가능한 운전 방향과 동일한 방향으로 시공하여야 한다. 이 경우 타이어의 무늬는 평평한 세로방향으로 주행하게 되며 횡방향의 경우와는 달리 새로운 그루빙이나 타이닝을 접함으로써 발생하는 타이어의 충격소음이 발생되지 않는다. 이로 인하여 타이어의 진동을 저감시킬 수 있으므로 낮은 주파수 대역의 소음발생을 저감시킬 수 있다. 즉 타이어와 노면 사이의 접촉면은 동일하면서 종방향으로 시공할 경우 소위 공기파열음(air-pumping noise)을 줄일 수 있다. 하지만 이러한 공법은 우천 시 배수에 다소 결함을 나타낼 수 있으며 빗물이 측면으로 원활하게 배수되지 못하여 특히 오토바이 운전자의 경우 운행 안정성에 영향을 미칠 수 있다. 현재 이 기술은 미국 캘리포니아 주 및 스페인에서 종종 사용된다.

종방향 표면처리로서 여러 가지 방법들을 들 수 있다. 스페인의 경우 종방향 표면처리를 위하여 많은 방법이 시도되었으며 대표적으로 거친 천(또는 마대)(burlap)을 사용한다거나 빗 모양의 철제기구(broom, comb) 등을 사용하였다. 소음도 저감시키고 노면 마찰력도 얻을 수 있는 방법으로서 특수 빗자루로 쓸어내리는 방법이나 미국과 오스트레일리아에서는 "Astroturf"라는 카펫을 사용해서 같은 표면을 얻는다.^{14,17)}

7.4 그라인딩 공법

그라인딩은 종방향 표면처리 중 특수한 경우이며, 평행한 톱날을 가진 그라인딩

기계로 표면을 제거하여 일정한 너비의 홈을 만드는 것으로서 평탄이 좋지 않은 부위나 불필요한 거대조각을 제거하고 표면을 매끄럽고 평탄하게 하기 위한 작업으로 일정 깊이 및 간격의 그루빙 공법이라 할 수 있다. 이 기술은 신·구포장에 모두 적용가능하며 미국에서 오랜 세월동안 적용되어 왔으며 유럽에서는 승차감을 향상시킬 목적으로 종종 사용되었다. 이러한 그라인딩 공법에는 사용되는 톱의 재질에 따라 다이아몬드 및 카바이드(carbide) 그라인딩이 있으며 이 공법은 미끄럼저항성을 확보하는 동시에 소음을 저감시킬 수 있다¹⁸⁾. 스웨덴에서는 한해 또는 두 해 정도의 겨울이 지나면 표면조직이 닳아 버리는 것이 문제서 되었으며 이는 미끄럼 방지를 위한 스텝드 타이어의 사용으로 나타났다. 하지만 다른 나라의 경우는 따뜻한 기후로 인하여 이러한 문제점이 중요하게 고려되지는 않았다.

7.5 골재노출공법

일반적으로 콘크리트를 타설하면 굵은 골재는 모르타르의 밑부분으로 가라앉아 표면은 매끈하게 처리된다. 그러므로 이러한 표면은 자동차가 주행함에 따라 타이어로부터 공기파열음이 발생되게 된다. 사실상 가장 소음발생이 높은 포장면은 표면이 매끈한 콘크리트 포장으로 나타났다. 이러한 포장면은 VTI의 시험결과 3종류의 시험 타이어에서 다른 20여 가지의 포장표면에 비해 가장 높은 소음을 발생시켰다. 이 놀라운 결과의 원인은 포장면에서 발견되는 작은 공극(pocket)과 타이어의 압착에 기인하며 이로 인하여 과도한 공기파열음이 발생되기 때문이다.

한편 이러한 경우 굵은 골재를 표면에 노출시킴으로써 소음을 저감시킬 수 있으며 단, 굵은 골재의 최대치수가 작을 경우에 해당된다. 이 공법은 콘크리트 타설 후 굳지 않은 상태에서 표면에 응결지연제를 살포하고 수분증발을 막기 위하여 비닐시트 등을 덮어 양생하며 이후 20~30시간 뒤에 경화가 아직 덜된 모르타르 부분

을 브러싱기로 제거하는 공정을 갖는다. 이러한 방법으로 굵은 골재를 표면에 노출시키며 이후 피막 양생제를 살포하여 양생을 한다.

골재노출공법은 새로운 포장이나 재포장 또는 재활용 콘크리트 포장에 적용될 수 있으며 콘크리트 포장의 소음을 저감시킬 수 있는 가장 효과적인 공법이라 할 수 있다. 그러나 이 공법은 시공하기에 쉬운 기술이 아니며 시공자는 최적의 표면을 얻는 것이 쉽지 않으며 아울러 다수의 경험이 필요함을 주지하여야 한다. 유럽국가 중 벨기에의 경우가 많은 시공경험을 확보하고 있으며 0~32mm, 0~20mm 사이의 골재를 사용하여 쉽게 적용하기도 하나 더욱 작은 크기의 골재를 사용하는 오스트리아의 방법에 비해 소음저감에 효과적이지 못하다. 오스트리아에서는 오래된 콘크리트 포장을 재활용하는 차원에서 표면에 30~40mm 정도의 덮개 층으로 골재노출을 시공하기도 하였다.

최대치수 20mm 정도의 골재를 사용한 네덜란드에서의 시공결과는 벨기에에서의 결과에 비해 소음저감에 효과적인 것으로 나타났다.

이러한 결과는 포장의 표면 조직 중 적절한 중간조직과 낮은 거대조직을 확보함으로써 가능하다 할 수 있다. 낮은 거친 조직 다음과 같이 얻을 수 있다.

- 골재노출 시공을 하기 전에 표면마무리를 중방향으로 매우 매끈하게 시공한다.
- 가능한 한 굵은 골재 최대치수를 작게 하여 사용한다.

Sandberg와 Descornet 그리고 오스트리아의 시공결과에 의하면 최적의 중간 정도 거친 조직을 얻기 위해서는 노출된 골재의 크기가 가급적 4~8mm 정도이어야 하며, 모르타르는 0~1mm 모래를 포함해야하고 0~2mm의 경우는 다소 바람직하지는 못하지만 사용가능한 것으로 나타났다.²⁾

최종적으로 이러한 골재노출 공법을 적용함에 있어서 소요되는 추가 건설비용은 그다지 많지 않으며 Sommer에 의하면 전체 포장공정에 약 10%의 가격인상이 발생된다고 한다.¹⁵⁾

7.6 일반적인 표면 최적화

소음저감을 위한 표면 최적화의 기술은 1970년대 후반에 벨기에와 스웨덴에서 사용된 것에 기초하고 있다. 이 방법들은 도로로서의 요구조건인 미끄럼 저항성을 확보하면서 교통 소음의 발생을 저감시키도록 개발되었으며 그 원리로서는 파장이 3~6mm인 표면조직을 극대화하고 50~100mm인 표면조직을 가능한 줄이는 것이다.⁹⁾

7.7 골재 접착 공법

표면을 최적화할 수 있는 또 하나의 특별한 기술로서는 작은 입径의 골재를 표면에 접착시키는 공법을 들 수 있다. 이 공법은 시간이 경과하여 표면이 매끄러워진

포장표면에 소음저감을 목적으로 최대치수 약 4~6mm의 작은 골재를 사용하여 시공하며 일반적으로 결합재는 역청재료를 사용하며 내구성 확보를 위해서는 에폭시 수지로 접착시켜야 한다.

7.8 고무칩 혼입 공법

특별한 경우, 기존 콘크리트 장에 색다른 표층재료를 사용하여 시공할 수 있다. 흥미로운 것은 Graham Potter에 의해 개발된 "GPUX"라고 불리는 것으로서 이것은 골재와 모래 그리고 폴리우레탄 결합재와 함께 1/3 정도의 고무칩을 혼합하여 제조하고 이러한 특성으로 재질이 탄성적이며 유연성이 확보된다. 현재까지의 시도는 콘크리트 블록에 적용되었으며 우선적으로 겨울에 도로가 동결되지 않기 위해서 만들어졌지만 또한 소음에 있어서도 효과가 있는 것으로 나타났다.

7.9 다공성 콘크리트 포장

지난 20여 년 동안 다공성 아스팔트

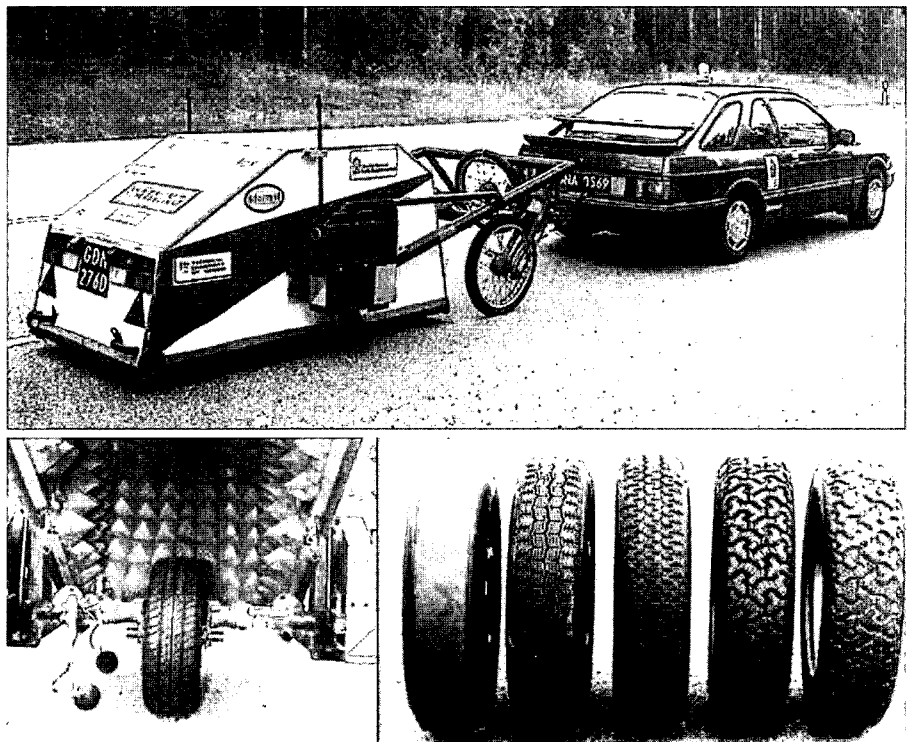


그림 4. 소음측정 장치 및 시험용 타이어

포장은 소음저감을 위해서 적용되어왔으나 극히 최근에는 다공성 콘크리트 포장이 독일과 네덜란드 그리고 프랑스에서 시도되고 있는 실정이다. 이러한 다공성 포장에 있어서 공극이 막혀 요구되는 효과가 떨어지는 문제는 아스팔트 포장에 비해 콘크리트 포장의 경우 다소 적다고 보고되고 있다. 그러나 아직까지 충분한 실험이 실시된 상태는 아니며 몇몇의 연구자들은 다공성 콘크리트 포장이 다공성 아스팔트 포장에 비해 더 많은 공극을 확보할 수 있다고 보고되고 있다. 한편 다공성 콘크리트 포장의 경우 거대조적을 축소시키기 위한 노력이 요구되며 이는 높은 공극률을 확보해야 하는 것처럼 중요하다. 그런 포장을 위한 높은 다공성이 중요하다는 것이다. 이 공법은 이물질에 의한 공극이 막히는 것에 대하여 조심하여야 하며, 네덜란드의 연구 결과에 의하면 다공성 콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해 소음 면에서 더 효과적인 것으로 나타났다.

7.10 표면 색상의 변화

표면의 색상이 소음에 영향을 미친다는 것은 쉽게 납득되지는 않지만 온도에 따른 영향을 앞에서 언급한 것과 같이 소음에 영향을 미치는 인자라 할 수 있다. 운전자들 사이에서 검은 색을 가진 포장표면이 밝은 색을 가진 표면보다 발생소음이 적다는 것은 다분히 주관적인 평가라 할 수도 있다. 그 이유 중 하나는 대부분의 운전자들이 밝은 포장보다는 어두운 포장에 더 익숙해져 있기 때문이다. 사실 덴마크에서는 밝은 색 콘크리트 포장에서 소음이 더 발생한다는 일반적인 편견을 없애기 위해서 콘크리트 포장에 검은색 골재를 첨가해서 색상을 어둡게 하는 방법을 활용하기도 하였다.

8. 측정 방법과 장비

교통소음을 측정하는 방법들은 일부 규격화되어 있으나 각국의 특성에 따라 다소

상이하게 행해지고 있다. 이러한 소음측정 방법 중 하나로서 타이어 근접법(Close-Proximity Method ; CPX)을 들 수 있으며 이는 타이어 직접소음이라고 칭하기도 한다. 평균적으로 3~6 종류의 시험 타이어에 의해서 발생된 소음을 <그림 4>와 같이 타이어에 근접하여 설치된 마이크로폰을 통해 측정하는 것이다. 아울러 타이어 직접소음을 측정하기 위하여 한 개의 타이어로 주행되는 특수 트레일러를 제조하여 자동차로 견인하면서 발생소음을 측정한다. 이러한 측정방법은 도로표면 특성에 따른 발생소음도 분석 가능하지만 현재까지는 주로 타이어의 종류에 따른 특성을 분석하는데 사용되었다.

9. 결 론

콘크리트 포장이 소음발생 측면에서 비록 바람직하지는 못하지만 아스팔트 포장보다 항상 많은 소음을 발생시키는 것은 아니다. 그래서 소음의 원인분석과 음향작용에 대하여 포장표면을 최적화시키기 위한 특별한 노력과 기술이 요구된다. 예를 들어 콘크리트 포장의 표면을 앞에서 언급한 공법과 같이 특수하게 설계한다면 이는 기존의 아스팔트 포장 보다 소음이 저감될 수 있으므로 교통소음을 저감하는 포장재로서 시멘트 콘크리트를 제외하는 것은 바람직하지 않다.

최근에 수행된 시공 기술들 중 그라인딩과 골재노출공법은 소음 저감의 측면에서 성공적이었다. 구 콘크리트 포장에 대한 그라인딩은 보통의 아스팔트 포장에 비해 3dB 정도의 소음저감효과가 있었고 아울러 일정기간 소음저감효과가 지속되는 것으로 나타났다. 한편 신 포장에 대한 그라인딩 시공은 구 포장에 비해 소음저감효과가 두드러지나 그루빙이 많은 경우는 표면 처리를 하지 않은 포장과 동일한 수준까지 소음발생이 증가함을 알 수 있었다.

골재노출공법도 추천할만한 저소음포장 공법으로서 최대치수 22mm의 굵은 골재 사용 할 경우, 표면처리를 하지 않은 콘크

리트 포장에 비해서는 효과적이었으나 아스팔트 포장보다는 소음을 저감시키지는 못했다. 하지만 8mm의 골재를 사용했을 경우 보통 아스팔트 포장보다 더 낮은 소음을 나타내었으며 소음 저감량은 약 2~3dB 정도였다.

결론적으로 콘크리트 포장도 특수한 표면처리를 해준다면 아스팔트 포장에 비해 충분한 소음저감효과를 얻을 수 있다. 하지만 이러한 표면처리는 시간의 경과에 따라 변화될 수 있으며 이로 인하여 소음저감효과도 상쇄될 수 있다. 그러므로 콘크리트 표면의 장기 내구성이 확보되어야 하며 교통개방 후 지속적인 측정 및 검토키동반되어야 할 것으로 사료된다. □

참고문헌

1. U. Sandberg, "Low Noise Road Surfaces - A State-of-the-art Review," J. Acoust. Soc. Japan(E), 20(1), 1~17, 1999.
2. U. Sandberg and G. Descornet, "Road Surface Influence on Tire/Road Noise- Part I," and G. Descornet, and U. Sandberg, "Road Surface Influence on Tire/Road Noise- Part II," Proc. of INTER-NOISE 80, Edited by George C. Maling, Jr. (Noise Control Foundation, Poughkeepsie, New York, 1980, pp.259~272.
3. U. Sandberg, "Tire/Road Noise-Studies of the Mechanisms of Noise Generation Methods of Measurement and Road Surface Characterization," ph.D. Dissertation No. 166, Linköping University, Linköping Sweden 1987.
4. D. P. Maynard and F.E. Lane, "ROAD NOISE with Particular Reference to Grooved Concrete Pavement," Int. Techn. Note 2, August 1971, Cement and Concrete Assoc., London, 1971.
5. G. Balmer, FHWA, 1975.
6. K.R. Agent and C. V. Zeeger, "Effect

- of Pavement Texture on Traffic Noise," Report No. 417, KYP-72-24, Kentucky DoT, USA, 1975.
7. Anon, "Traffic Noise - A Comparison of Traffic Noise Generated by Tire/Pavement Interaction on T.H.12 IN WILLMAR(1st vol.) and I-90 in Albert Lea(2an vol.)," Noise Analysis Group, USA, 1980.
 8. M.M. Osman and D.N.May, "Relative Influence of Pavement Texture and Tire Type on Pavement/Tire Noise," SAE paper 800282, SAE, USA, 1980.
 9. G. C. Gordon, et. al, "Highway Noise - A Design Guide for Highway Engineers," Report No. 117, NCHRP, Highway Research Board, 1971.
 10. U. Sandberg, "Road Texture Induced External Tire Noise," VTI Report No. 174A, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linkoping, Sweden, 1979.
 11. G. Descornet, "Experimental Study of the Rolling Noise of a Test Caron Various Esisting Road Surfaces in Belgium," Proc. 1979 Intl. Tire Noise Conf. (STU Inform. No. 168-1980, NUTEK Stockholm, Sweden) 1979.
 12. H. Legillon, "Variation of Noise Produced by a Real Traffic Flow on Different Road Surfaces," Proc. 1979 Intl Tire Noise Conf. (STU Inform. No. 168-1980, NUTEK, Stockholm) 1979.
 13. D. Billera, B. Schmidt, and W. Miller, "Stop the Whine! Narrow Band Noise Level Measurements of Three Highway Pavements," TRB Paper 971296, 76th Meeting of the Transportation Research Board, 1996.
 14. A. Ardani, "PCCP Texturing Methods," Report CDOT-DTD-R- 952, Colorado DoT, Denver, CO, USA, 1995.
 15. H. Sommer, "VIItth Internat. Symposium on Concrete Roads," Routes/Roads, No. 286-1-1995, 1995, pp.51~64.
 16. C. Jofre, G.Albrecht, and C. Kraener, "Spanish Practice and Experience with Longitudinal Finish," Proc, 7th Intl Symp. on Concrete Roads, Vienna, 3~5 Oct. 1994, SESSIONS 7~8.
 17. S. Sanuels, "Some Aspects of Tyre/Road Noise from Rigid Pavements," Proc. of NOISE-CON 96, Edited by James D. Chalupnik, Steven E. marshall, and Ray C. Klein(Noise Control Foundation, Poughkeepsie, New York, 1996.
 18. C. Caestecker and L. Heleven, "Noise-Reducing Techniques on Esisting Continuously Reinforced Concrete Pavements on Belgian Motorways," Proc. 7th Intl. Symp. on Concrete Roads, Vienna, 3~5 Oct. 1994.
 19. U Sandberg, "Design and Maintenance of Low Noise Road Surfacing," Proc.3rd Intl Symp. on Surface Characteristics, 2~4 Sep. 1996.
 20. Iwai et al., "Tire/Road Noise Reduction Effects of Porous Pavement and Pavetex Pavement," Proc. 1990. Intl. Tire/Road Noise Conf., Stockholm, Sweden.
 21. U Sandberg, "Low Noise Road Surfaces - A State-of-the-art Review," Proc. of Eurosymposium "The Mitigation of Traffic Noise in Urban Areas," LCPC, Nantes, France, 1992, (available from LCPC, Publication Dept., 58 Blvd. Lefebvre, 75015 Paris Cedex, France).
 22. ISO/CD 11819-2, "Method for Measuring the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise-Part2: The Close-Proximity Method," Committee Draft from ISO/TC43/SC1/WG33.
 23. U Sandberg, "Noise Emission Influence of Road Surfaces, as Measured with the Statistical Pass-By and Close-Proximity Methods, Using Different Vehicle Classes and Different Tires," in VTI konferens 8A, National Swedish Road and Transportation Research Institute, Linkoping Sweden, 1997.

도서소개 - "콘크리트진단 및 유지관리"

◆ 소개

:이 책은 콘크리트구조물의 안전진단 및 유지관리에 관하여 이해하기 쉽고, 현장적용에 도움이 되도록 노력했으며, 이는 관련 분야에 종사하고 있는 실무기술자들의 참고서로 뿐만 아니라 관련자격시험 등에 필요한 필독서로도 유용할 것이다.

• 저 자 : (사)한국콘크리트학회

• 정 가 : 35,000원

• 출판사 : 기문당

• 페이지 : 670쪽

• 출판일 : 2004년 2월

• ISBN : 89-7086-490-3

콘크리트진단 및 유지관리

